

Эффективное использование технологий и технических средств в промышленной и производственной деятельности

УДК 621.923

О ВОЗДЕЙСТВИИ СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ПРИ МАГНИТНО-АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКЕ СЛОЖНО-ПРОФИЛЬНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Л.М. Акулович, д-р техн. наук, профессор

Л.Е. Сергеев, канд.техн.наук, доцент

М.В. Дорошенко, студент

Белорусский государственный аграрный технический университет

Аннотация. Показана актуальность применения магнитно-абразивной обработки для повышения качества сложно-профильных поверхностей деталей машин. Описан механизм химических воздействий смазочно-охлаждающих технологических средств на обрабатываемую поверхность. Установлено, что при магнитно-абразивной обработке сложно-профильных поверхностей эффективность воздействия смазочно-охлаждающих технологических средств определяется присутствием в них окислителей, осуществляющих анодное растворение металла в процессе сглаживания ферроабразивными зёрнами микронеровностей на обрабатываемой поверхности.

Ключевые слова: магнитно-абразивная обработка, смазочно-охлаждающие технологические средства, сложно-профильные поверхности, ферроабразивный порошок.

В сельскохозяйственном машиностроении около 80% рабочих поверхностей деталей машин подвергается финишной обработке, удельная трудоемкость которой составляет (20÷45)% в общей трудоемкости изготовления изделий [1]. Одним из направлений развития техники на современном этапе является усложнение формы рабочих поверхностей деталей машин. В сельскохозяйственных машинах – это рабочие органы культиваторов и рыхлителей почвы, распределительные и кулачковые механизмы, копиры, делители теста, шнеки и многие другие детали. Усложнение формы позволяет расширить функциональные возможности отдельных узлов, упростить кинематику движений исполнительных органов (например, одновременно задавать исполнительным органам закон перемещений и их величину), что приводит к уменьшению количества деталей в конструкциях отдельных узлов, снижению их массы и повышению конкурентоспособности выпускаемой продукции.

Вместе с тем, усложнение формы поверхностей деталей создает проблему технологического плана, заключающуюся в обеспечении точности формы и эксплуатационных показателей качества поверхностного слоя. Наиболее простым решением указанной проблемы в настоящее время является обработка сложнопрофильных поверхностей на станках с числовым программным управлением (ЧПУ). Так как основные свойства поверхности формируются в процессе изготовления на финишных операциях, то для финишной обработки сложнопрофильных поверхностей наибольшее применение получили абразивные [2] и электрофизические методы [3]. Однако для реализации абразивной обработки требуется изготовление соответствующих сложнопрофильных абразивных кругов, а для электрофизических – специальных инструментов-электродов, форма рабочей поверхности у которых является зеркальным отображением обрабатываемой поверхности. В машиностроении доминирующим среди финишных методов традиционно является механическая абразивная обработка, которая нередко является единственно

возможным способом обеспечения требуемого качества поверхности. Процесс резания жестко связанными абразивными зёрнами осуществляется при сообщении заготовке и(или) инструменту нескольких взаимосвязанных относительных движений. При абразивной обработке поверхностей инструментом с закрепленным зёрном требуется профилирование инструмента как при его изготовлении, так и в процессе эксплуатации. Необходимость частой правки абразивных кругов в процессе шлифования вызвана потерей ими формы и точности профиля режущего контура.

При финишной обработке сложнопрофильных поверхностей, имеющих переменную кривизну, абразивным инструментом с жестко связанными абразивными зёрнами имеет место изменение значений фактических углов резания (переднего, заднего, углов в плане). В связи с этим на отдельных участках обрабатываемых поверхностей возникают погрешности формы и разброс шероховатости. В результате параметры качества на различных участках поверхностей отличаются друг от друга, и для обеспечения требований чертежа требуется дополнительная доводочная операция, которая выполняется, как правило, вручную и является трудоемкой. При традиционном шлифовании геометрически сложных поверхностей профилированным инструментом имеет место проблема обеспечить высокую точность и низкую шероховатость поверхности в труднодоступных (переходных) зонах. Поэтому финишную обработку сложнопрофильных поверхностей целесообразно проводить подвижно скоординированными абразивными зёрнами, связующим веществом которых служит энергия магнитного, ультразвукового или других полей. В незакрепленном состоянии абразивные зёрна более полно используют свои режущие способности, так как происходит нивелирование их рабочих кромок относительно обрабатываемой поверхности, а также переориентация и перемещение абразивного порошка в процессе обработки. Одним из перспективных методов является магнитно-абразивная обработка (МАО) [2].

Контур режущего инструмента (ферроабразивная щетка) в зазоре между обрабатываемой поверхностью и полюсным наконечником электромагнита формируется из ферроабразивного порошка (ФАП) силами магнитного поля при наличии смазочно-охлаждающего технологического средства (СОТС). В реальных условиях контактирование обрабатываемого материала и ФАП носит дискретный характер и изменяется в зависимости от величины силы магнитного поля и физико-механических свойств контактируемых материалов. Поскольку ФАП находится в подвижно скоординированном состоянии, это позволяет управлять жесткостью режущего инструмента, путем регулирования величиной магнитной индукции. Структура порошковых материалов на основе железа в отличие от литых компактных сталей имеет ряд особенностей. К ним относятся: наличие пористости, большее по сравнению с литыми сталями количество неметаллических включений (графита, оксидов, сульфидов и др.), гетерогенность микроструктуры. Размер и морфология абразивных зёрен являются одними из важных характеристик их дисперсного состояния, формирующего гидрофильность рабочего зазора, необходимую для реализации функционального назначения СОТС.

Строение структуры литых ФАП обусловлено наличием базовых кристаллов, составляющих основу зоны эвтектики, например, у порошков V_4C-FeV_x – боридов железа, а порошков $Fe-TiC$ – карбидов титана. Другие кристаллы, имеющие форму октаэдров, пронизывают матрицу. Такое строение обеспечивает устойчивость двухфазного фронта, а кристаллизация твердых включений приводит к образованию прочной эвтектической колонии, определяя ее зональное строение и внешний вид. Размеры карбидных включений достигают нескольких десятков микрометров, что вызвано условиями распыления струи расплава при изготовлении ФАП [4].

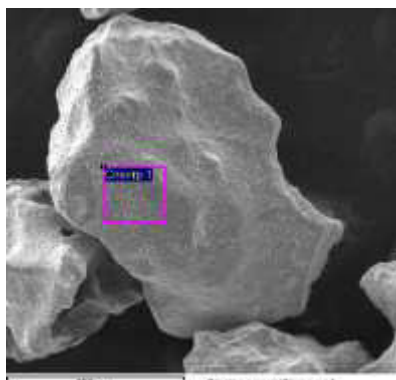


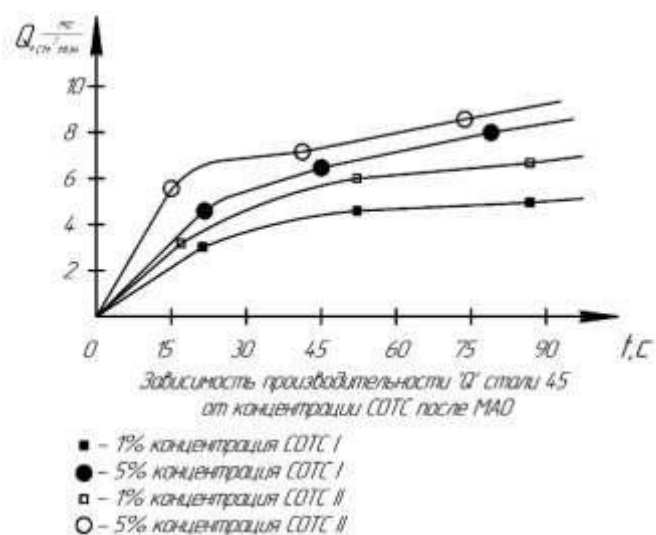
Рисунок 1 – Морфология зерен ФАП

Гидрофильность Fe по отношению к твердым кристаллам значительно интенсифицирует усадку при охлаждении зерен, что препятствует росту пор. Морфология зерен ФАП (рис. 1) при воздействии магнитного поля формирует ферроабразивную «щетку», которая представляет собой фрактал, состоящий из цепочечной структуры зерен ФАП и системы пор, по которой осуществляется доставка агентов СОТС в зону обработки. Коэффициент извилистости канала протекания, который включает цепочки связанных между собой пор, изменяется от двух до десяти [5]. В связи с этим важным аспектом служит снижение сводовой кольматации канала протекания, что требует правильного подбора СОТС, вязкости компонентов, химической инертности зерен ФАП.

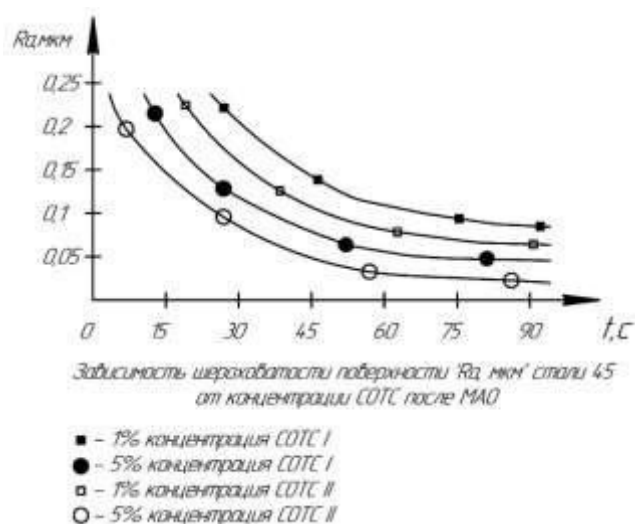
Микрорезание при МАО сопровождается гетерогенным процессом анодного растворения металлов и сплавов, который происходит на границе раздела фаз «металл – электролит» и состоит из ряда одновременно протекающих последовательных или последовательно-параллельных элементарных стадий. Диспергирование и пластическое деформирование поверхностного слоя при абразивной обработке усиливается химическими и адсорбционными процессами, происходящими на поверхности детали в присутствии химических или поверхностно-активных веществ. На обрабатываемой поверхности непрерывно образуются химические пленки (преимущественно оксидные), прочность которых ниже прочности основного металла. Эти пленки легко удаляются режущими кромками ферроабразивной «щеткой». При МАО процессу анодного растворения способствует действие сил резания и трения, создающих в микрообъемах металла растягивающие напряжения, что вызывает развитие в обрабатываемом поверхностном слое микротрещин и миграцию в них активных молекул [4].

Результаты экспериментальных исследований МАО с применением СОТС I на основе производных гликолей (СинМА-1) и на основе сульфатных групп СОТС II (на базе лигносульфоната) приведены на рис. 2. Основной отличительной особенностью анодного растворения железа в растворах СОТС II является наличие, кроме гидроксильных ионов OH^- еще и сульфат-ионов SO_4^{2-} , которые адсорбируются на поверхности железа и образуют менее стойкие и более легко удаляемые адсорбционные комплексы $\text{FeH}_2\text{O}_{\text{адс}}\text{SO}_4^2_{\text{адс}}$ в данных металлических системах на границе их раздела в отличие от СОТС I. Исследованиями установлено, что увеличение концентрации физико-химических растворов СОТС способствует увеличению показателей удельного съема металла на стали 45, которая в интервале времени обработки (30÷90 с) составляют (6,4÷9,1 мг/см²·мин), (рис. 2 а).

Установлено, что зависимость концентрации физико-химических растворов СОТС от шероховатости носит линейный характер, обеспечивая стабильность процесса МАО за счет рационального выбора технологических параметров с учетом роста качества обрабатываемой поверхности, (рис. 2 б).



а)



б)

Рисунок 2 – Зависимость производительности Q (а) и шероховатости поверхности Ra (б) от концентрации СОТС при МАО стали 45

Исследования показали, что параметр шероховатости Ra (0,25 мкм) уменьшается до (0,03 мкм) с увеличением концентрации как СОТС I, так и СОТС II (от 1% до 5%). Увеличение времени обработки так же приводит к уменьшению шероховатости, однако эффективность съема материала снижается, то есть за единицу времени снимается меньший слой материала, поскольку после 45 секунд обработки образуется новый ландшафт поверхности с меньшим уровнем шероховатости.

Установлено, при МАО среднеуглеродистых конструкционных сталей применение СОТС на основе сульфатных групп способствует снижению шероховатости поверхности в 1,27 раза при концентрации 1%-го и в 1,34 раза при концентрации 5%-го растворов по причине повышения эффективности химического воздействия. Выявлено, что при МАО конкретный характер анодных процессов определяется природой металла и анионным составом СОТС. Повышение съема металла при МАО осуществляется на обрабатываемой поверхности образованием пленок оксидной природы, механическая прочность которых значительно меньше, чем у основного металла.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чемборисов, Н.А. Повышение эффективности обработки деталей с канальной винтовой поверхностью за счет комплексного моделирования инструмента и технологической операции: дис. ... канд. техн. наук. / Н.А. Чемборисов; Государственный технологический университет. – Москва, 1994. – 326 с.
2. Акулович, Л.М. Магнитно-абразивная обработка сложнопрофильных поверхностей деталей сельскохозяйственных машин / Л.М. Акулович, Л.Е. Сергеев. – Минск: БГАТУ, 2019. - 272 с.
3. Синькевич, Ю.В. Комплексный подход к изучению механизма сглаживания неровностей профиля поверхности и формирования топографии при электроимпульсном полировании / Ю.В. Синькевич / Прогрессивные технологии и системы машиностроения 2016. - № 2. – С. 109-118.
4. Беляев, А.А. Влияние струйно-абразивной и магнитно-абразивной обработок на состояние рабочих поверхностей и режущих кромок сверл из быстрорежущей стали / А.А. Беляев и др. / Вестник двигателестроения. – 2007. – №2. – С. 90-94.
5. Тихомиров, В.П. Протекание через фрактальную пористую среду / В.П. Тихомиров, О.А. Горленко, М.А. Измеров / Известия Самарского научного центра Российской академии наук/ Т.13, №4 (3), 2011 – С. 879 – 883.

УДК 632.935:621.31

К ОПРЕДЕЛЕНИЮ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПЛОТНОСТИ ТОКА, СОЗДАВАЕМОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ПОЛЕМ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КУЛЬТИВАТОРА В СТРУКТУРЕ «ВОЗДУШНАЯ СРЕДА НАД ПОЧВОЙ – РАСТЕНИЕ – ВЕРХНИЙ СЛОЙ ПОЧВЫ» В ПРОГРАММНОЙ СРЕДЕ

Д.С. Болотов, старший преподаватель
Новосибирский государственный аграрный университет

Аннотация. Предлагается методика имитационного моделирования воздействия электрического поля рабочих органов электротехнологического культиватора на растительный объект (сорное растение) в среде программы Elcut. Оценка этого воздействия основывается на оценке изменений числовых значений, а так же распространения плотности тока в структуре «Воздушная среда над почвой – растение – верхний слой почвы». Получены результаты растительных объектов со стержневой корневой системой, а так же мочковатой. Экспериментально выявлено, что оптимальнее для электрического повреждения растений со стержневой корневой системой и с мочковатой является рабочий орган-электрод, перемещаемый по поверхности почвы с подведенным к нему переменным напряжением.

Ключевые слова: электротехнологический культиватор, электрическое поле, биологический объект, растительный объект, плотность тока, потенциал, электрод.

Введение

Применительно к специальным видам электротехнологии актуальной задачей считается исследование взаимодействия электрических полей (ЭП) источников (в частности, рабочих органов (РО) электротехнологических установок) с разными неоднородностями (растительными объектами, почвенным составом и прочим). Решение проблем такого взаимодействия связано с использованием теоретических моделей расчета ЭП основанных на математических методиках расчёта соответствующих частному случаю электродинамических задач. Однако, не для всех случаев решение подобных задач может быть установлено и записано в явном виде, т.е. аналитически. Возможность этого